

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): IKEKAME, Hiroshi  
Serial No.: Not yet assigned  
Filed: June 26, 2003  
Title: CURRENT MEASUREMENT TECHNIQUE AND CURRENT  
MEASUREMENT APPARATUS  
Group: Not yet assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Honorable Commissioner of  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

June 26, 2003

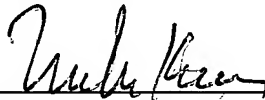
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s)  
hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s)  
2002-267558, filed September 13, 2002.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



---

Melvin Kraus  
Registration No. 22,466

MK/alb  
Attachment  
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-267558

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-267558 ]

出 願 人

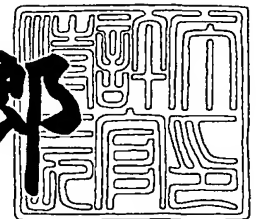
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 6月 6日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3044166

【書類名】 特許願

【整理番号】 H02013341A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 19/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 池 亀 弘

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電流計測方法および電流計測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回路の伝送線路に流れる電流の電流計測方法において、  
伝送線路を流れる電流によって発生する磁界の中に磁気光学素子を設置し、  
前記磁気光学素子へ偏光を入射し、  
前記偏光が入射された前記磁気光学素子からの反射光の偏光状態の変化量から  
電流を求めることを特徴とする電流計測方法。

【請求項 2】

電流の流れが往路となる第 1 の伝送線路及び電流の流れが復路となる第 2 の伝  
送線路を有する回路の伝送線路に流れる電流を計測する電流計測方法において、  
第 1 の伝送線路を流れる電流によって発生する磁界及び第 2 の伝送線路を流れ  
る電流によって発生する磁界の中に磁気光学素子を配置し、  
入射位置を前記磁気光学素子上且つ前記第 1 の伝送電路及び第 2 の伝送電路  
の間として、前記磁気光学素子へ偏光を入射し、  
前記偏光が入射された前記磁気光学素子からの反射光の偏光の変化量から電流  
を求めることを特徴とする電流計測方法。

【請求項 3】

更に、磁界発生器から発生した磁界を前記磁気光学素子へ印加した状態で、前  
記磁気光学素子に偏光を入射することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の電流計  
測方法。

【請求項 4】

前記偏光の入射位置における前記磁界の方向と、前記偏光の進行方向とが平行  
になることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電流計測方法。

【請求項 5】

前記回路は、低インピーダンスを負荷とした回路であり、前記電流は、高周波  
電流であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の電流計測方法。

【請求項 6】

回路の伝送線路に流れる電流の電流計測装置において、  
偏光を射出する光源と、

伝送線路を流れる電流によって発生する磁界の中に設置され、前記光源から射出された偏光が入射すると、前記磁界より誘起される磁化に比例した偏光状態の変化量を前記偏光に付与して反射する磁気光学素子と、

前記磁気光学素子から反射した偏光から偏光状態の変化量を電気信号に変換して電流を計測する手段とを備えることを特徴とする電流計測装置。

【請求項 7】

電流の流れが往路となる第 1 の伝送線路及び電流の流れが復路となる第 2 の伝送線路を有する回路の伝送線路に流れる電流を計測する電流計測装置において、  
偏光を射出する光源と、

第 1 の伝送線路を流れる電流によって発生する磁界及び第 2 の伝送線路を流れる電流によって発生する磁界の中に配置され、前記光源から射出された偏光が入射すると、前記磁界より誘起される磁化に比例した偏光状態の変化量を前記偏光に付与して反射する磁気光学素子と、

前記磁気光学素子から反射した偏光から偏光状態の変化量を電気信号に変換して電流を計測する手段とを備え、

前記偏光の入射位置は、前記磁気光学素子上且つ前記第 1 の伝送電路及び第 2 の伝送電路の間であることを特徴とする電流計測装置。

【請求項 8】

更に、前記磁気光学素子に対して磁界を印加するための磁界発生器を備えることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の電流計測装置。

【請求項 9】

前記偏光の入射位置における前記磁界の方向と、前記偏光の進行方向とが平行になることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の電流計測装置。

【請求項 10】

前記光源はパルスレーザであり、被計測電流と同期して発振することを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の電流計測装置。

【請求項 11】

前記磁気光学素子は、ビスマス置換イットリウム鉄ガーネット結晶であることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の電流計測装置。

【請求項 1 2】

前記磁気光学素子は、磁気光学極Kerr効果を有する物質であることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の電流計測装置。

【請求項 1 3】

前記磁気光学素子は、Faraday効果を有する物質であることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の電流計測装置。

【請求項 1 4】

前記磁気光学素子は、反射膜を有することを特徴とする請求項 1 3 記載の電流計測装置。

【請求項 1 5】

前記回路は、低インピーダンスを負荷とした回路であり、前記電流は、高周波電流であることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の電流計測装置。

【請求項 1 6】

前記回路は、伝送線路と平行となるようにマーカーが形成されていることを特徴とする請求項 6 に記載の電流計測装置。

【請求項 1 7】

前記回路は、第 1 の伝送線路及び第 2 の伝送線路の中間位置又は伝送線路と平行となるようにマーカーが形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の電流計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電流波形の計測、特に、低インピーダンスを負荷とした回路の伝送線路に流れる高周波電流の電流計測方法および電流計測装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

【特許文献 1】

「特開2000-46891号公報」

従来、電流波形を計測するには、回路に直列に抵抗器（10オーム程度）を挿入し、その抵抗器両端に現れる電位差を電圧プローブによってモニタしていた。この方法の欠点は、

(1)抵抗を挿入するため、被計測回路を加工する（破壊計測）

(2)被計測回路の本来のインピーダンスが抵抗挿入により変化するので、本来の電流が計測できない（電気浸襲）

等である。また、電流波形を計測するための別の方法としては、電流プローブがある。伝送線路の周りをひと続きの環状トランスが覆い、電流から発生した磁界がこのトランスに印加し、これによって生じた誘導電圧をモニタすることで電流を計測するものである。この方法の欠点は、

(3)被計測回路を加工して、リード線を付加し、このリード線をトランスに貫通させる必要がある（破壊計測）

(4)挿入したリード線のインピーダンス（長さ20mm程度なので約20nH）により被計測回路の本来のインピーダンスが変化し、本来の電流が計測できない（電気浸襲）

(5)電流プローブの周波数帯域幅が約1.5GHzと狭い（低時間分解能）

等である。

### 【0003】

本発明が対象とする低インピーダンス負荷とは、例えば、磁気ディスク装置の磁気ヘッドの記録素子である。そのインピーダンスは $10\Omega$ 20nH以下であり、動作周波数の上昇に伴い、さらに低くなる傾向にある。上述の従来計測方法は、負荷と同程度、もしくは負荷より大きなインピーダンスを被計測回路中に挿入してしまうため、本来の電流とは程遠い電流波形が計測されてしまう。

### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上述のように、従来計測法は、破壊計測ならびに電気浸襲計測となってしまうため、低インピーダンスを負荷とした回路の伝送線路に流れる電流を精度良く計測することは不可能であった。また、周波数帯域が狭く（時間分解能が低く）、

高周波電流を精度良く計測することは不可能であった。

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、低インピーダンスを負荷とした回路に流れる電流波形を被計測回路を加工することなく（非破壊）、計測器のインピーダンスの影響を被計測回路に与えることなく（非電気浸襲）、広周波数帯域幅（高時間分解能）、高感度に計測することができる計測方法および計測装置を提供することにある。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明に係る電流計測方法では、回路の伝送線路に流れる電流を計測するに際し、伝送線路を流れる電流によって発生する磁界の中に磁気光学素子を設置し、磁気光学素子へ偏光を入射し、偏光が入射された前記磁気光学素子からの反射光の偏光状態の変化量から電流を求めることを主たる特徴とする。

【 0 0 0 7 】

また、本発明に係る電流計測装置では、偏光を射出する光源と、伝送線路を流れる電流によって発生する磁界の中に設置され、光源から射出された偏光が入射すると、磁界より誘起される磁化に比例した偏光状態の変化量を前記偏光に付与して反射する磁気光学素子と、磁気光学素子から反射した偏光から偏光状態の変化量を電気信号に変換して電流を計測する手段とを備えることを主たる特徴とする。

【 0 0 0 8 】

以上のように構成される電流計測方法及び電流計測装置によれば、伝送線路を加工せず、かつ被計測回路に計測器のインピーダンスを付加しないので、非破壊かつ非電気浸襲の電流計測が可能となる。

【 0 0 0 9 】

また、本発明に係る電流計測方法及び電流計測装置においては、更に、磁気光学素子へ磁界を印加する磁界発生器を備えることが好ましい。磁界発生器によって発生させた磁界を磁気光学素子に印加することで、磁気光学素子の周波数レスポンスが向上するので、広い周波数帯域幅（高い時間分解能）で電流を計測する

ことができる。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を説明する。被計測電流は、磁気ディスク装置の磁気ヘッドの記録電流である。図1に典型的な磁気ヘッドの模式図を示す。磁気ヘッドの機構部品や電気部品を支持するためのアーム10の端に、サスペンション（板ばね）11を介して、記録媒体上を浮上するためのスライダ12が固定されている。スライダ12の先端には、記録磁界を発生するための記録素子17が搭載されている。この記録素子17を励磁するための記録電流は、記録回路の電源である記録アンプ13で発生され、伝送線路（FPC）14と、中継点15と、伝送線路（ICS）16を伝播し、低インピーダンス負荷である記録素子17に供給される。伝送線路には差動伝送線路が用いられ、記録素子に対して電流の往路となる伝送線路と、電流の復路となる伝送線路とが組となって形成されている。

【0011】

なお、図1では、2つの伝送線路（14と16）を中継しているが、中継の無い一体成型の伝送線路が用いられることもある。また、ここでは、記録回路についてのみ説明したが、再生回路についても同様に形成されている。

【0012】

符号18は電流波形を計測するためのセンサとなる磁気光学素子である。磁気光学素子18は、伝送線路上の所望の位置に設置することができるので、位置を変えた計測を簡便に行うことができる。例えば、計測位置を記録伝送線路上として、記録電流波形の計測を行ったり、また、計測位置を再生伝送線路上として、再生回路のノイズ電流波形の計測を行うこともできる。また、電源（記録アンプ13）側や負荷（記録素子17）側など、任意に計測位置を設けることが可能である。

【0013】

次に、この磁気光学素子18を用いて被計測電流を検出する方法について説明する。図2(a)は、磁気ヘッドの伝送線路（ICS）16の上に磁気光学素子18を設置した様子を断面図で表したものである。伝送線路16は差動伝送線路であり、記録ヘッド17に対して電流の流れが往路となる伝送線路（第1の伝送経路）16a、およ

び復路となる伝送線路（第2の伝送経路）16bの組となっている。この16aと16bの2本の伝送線路の上、もしくは2本の伝送線路の間に磁気光学素子18を設置し、この磁気光学素子18へスポット径の小さい偏光をレーザ等により入射する。入射偏光の位置は、磁気光学素子18の上かつ16aと16bの2本の伝送線路の間とする。

## 【0014】

なお、図2(a)には示していないが、16aと16bの2本の伝送線路の間位置にマーカを付ける、又は伝送線路と平行となるようにマーカを設けた磁気ヘッドを用いることによって、入射するレーザ光や設置する磁気光学素子18の位置決めを容易に行うことが可能となる。

## 【0015】

伝送線路16aと16bの各々に流れる被計測電流は、電流に比例した量の磁界を図示の方向に発生する。この磁界は磁気光学素子18に加わり、磁気光学素子18には、この磁界に比例した量の磁化が誘起される。この磁気光学素子18に偏光を入射すると、この磁化に比例した量の磁気光学効果（偏光状態の変化）が得られる。この偏光状態の変化を電気信号に変換して被計測電流に比例した電気量を得る事ができる。そして、この電気量の時間変化を計測することにより、被計測電流の時間変化（電流波形）を計測することが可能となる。この電気量の電流値への換算（絶対値校正）は、既知の値に規格化すること等により可能である。

## 【0016】

このように、本発明によれば、伝送線路上に磁気光学素子18を設置するだけなので、被計測回路を加工することなく、かつ計測器のインピーダンスを挿入することもない。従来計測法では実現することのできなかつた精度の高い計測、即ち非破壊・非電気侵襲計測が実現できる。

## 【0017】

磁気光学素子18には、Bi-YIG（ビスマス置換イットリウム鉄ガーネット）等のFaraday効果を示す材料、もしくはTbFeCo（テルビウム鉄コバルト）等の極Kerr効果を示す材料を用いる。使用する光の波長とその波長における磁気光学効果の大きさを考慮して磁気光学素子18を選定する。

## 【 0 0 1 8 】

例えば、光源には光通信でよく用いられる発振波長1550nmのレーザを用い、磁気光学素子18には1550nmでFaraday効果を示すBi-YIGを用いる。Bi-YIGは、830nmや780nmの波長において、1550nmに比べさらに大きなFaraday効果を有するので、この発振波長をもつレーザを光源とし、さらに大きな信号出力を得ることも可能である。

## 【 0 0 1 9 】

Faraday効果を有する材料は入射偏光を透過するので、磁気光学素子18の底面に誘電体等の反射膜20を形成し、これによって偏光を反射させる。極Kerr効果を有する材料は、図2(b)のように、磁気光学素子の表面で偏光を反射するため反射膜20は不要である。

## 【 0 0 2 0 】

上述では、被計測回路の伝送線路が差動伝送線路である場合について説明した。図2(a)に示すように、磁気光学素子18を差動伝送線路の上あるいは差動伝送線路の間に設置し、偏光の入射位置を磁気光学素子18の上かつ差動伝送線路の間とすることによって、偏光入射位置では2つの伝送線路を流れる電流から発生する各々の磁界が強め合う形で磁気光学素子に加わる。そして、磁気光学素子に誘起する磁化と光の進行方向とが平行となること、によって大きなFaraday効果や極Kerr効果（計測信号出力）を得ることが可能となり、その結果、高感度でS/Nの良い計測を実現することができる。

## 【 0 0 2 1 】

また、片方の伝送線路がグラウンドと共通になっている単線路の場合は、図3(a)のように、偏光入射位置において、磁界の方向と光の進行方向とが平行となるような配置を形成することにより、大きな磁気光学効果を得ることができる。

## 【 0 0 2 2 】

一方、図3(b)の配置とした場合には、偏光入射位置における、磁界と光の進行方向とが直角になるので、このときは計測に十分なFaraday効果や極Kerr効果（計測信号出力）を得ることができず、感度やS/Nの劣った計測となってしまう。

## 【 0 0 2 3 】

次に、磁気光学素子18のFaraday効果や極Kerr効果を計測するための光学素子の構成について図4を用いて説明する。光源であるレーザ40から発生したレーザ光は、コリメートレンズ41を通過後、平行光に直され、偏光ビームスプリッタ42、ファラデー素子43、偏光ビームスプリッタ44を通過し、さらに1/4波長板45を通過し、ミラー46によって光路を変えた後、コリメートレンズ47によって集光されて磁気光学素子18に入射する。そのレーザ光が磁気光学素子18を伝播するとき、Faraday効果あるいは極Kerr効果によって光の偏光状態が変化する。

## 【 0 0 2 4 】

磁気光学素子18にFaraday効果を有する物質を用いたときには、入射した光は底面に形成された反射膜20により反射する。また、磁気光学素子18に極Kerr効果を有する物質を用いたときには、入射した光は磁気光学素子18の表面で反射する。

## 【 0 0 2 5 】

磁気光学素子18からの反射光は、コリメートレンズ47によって再び平行光に戻され、ミラー46を経て1/4波長板45を通過し、レーザ光の一部は偏光ビームスプリッタ44により反射されて、集光レンズ48aを介してフォトダイオード49aに入射し、電気信号に変換される。偏光ビームスプリッタ44を透過したレーザ光は偏光ビームスプリッタ42により反射されて、集光レンズ48bを介してフォトダイオード49bに入射し、電気信号に変換される。

## 【 0 0 2 6 】

被計測電流に比例した量が2つのフォトダイオード（49a、49b）の出力差となって発生し、この出力差を（必要があればプリアンプ等を介して）オシロスコープ等を用いて検出することで電流波形を計測することができるものである。

## 【 0 0 2 7 】

なお、1/4波長板45はフォトダイオード49aおよびフォトダイオード49bへ入射するレーザ光の強度比を調整するものであり、被計測電流の値が零のとき（電流が流れていないとき）、即ち、偏光状態に変化が無いときに前述の出力差を零に調整するものである。これにより被計測信号の零点（基準）が定まる。

## 【 0 0 2 8 】

また、偏光ビームスプリッタ42、ファラデー素子43、偏光ビームスプリッタ44、1/4波長板45はアイソレータを形成するものである。

## 【 0 0 2 9 】

次に、被計測電流と、図4に示した2つのフォトダイオード49aおよび49bの出力差（差動出力）と、計測で得られた電流との関係について説明する。

## 【 0 0 3 0 】

図8(a)は、磁気ヘッドを流れる記録電流（被計測電流）の時間変化（電流波形）の一例である。-40mAから+40mAを振幅とする矩形波を基本とし、その立上り部分と立下り部分に30mAのオーバーシュートが存在している。磁気ヘッドを高周波において良好な特性で動作させるためには、矩形波の振幅、オーバーシュートの大きさ、波形の立上り時間および立下り時間等が重要である。

## 【 0 0 3 1 】

図8(b)は、被計測電流（図8(a)）を本発明の電流計測装置によって計測したときの差動出力電圧を表している。フォトダイオード49aおよび49bの差動出力は、前述のように、被計測電流に比例した量となる。即ち、両者は線形関係なので、差動出力電圧の波形は図8(a)の被計測電流波形の相似形となる。

## 【 0 0 3 2 】

図8(c)は、図8(b)の差動出力電圧を電流値へ換算（絶対値校正）したものである。被計測電流波形のフラット部分（DC部分）は、+40mAと-40mAの既知の値であるから、この値を基準として規格化したものである。この実施例では、波形のフラット部分（DC部分）の電流値が既知であったため、上記のような規格化方法を用いたが、規格化の方法はこれに限るものではない。既知電流値と、そのときの計測条件における差動出力電圧の関係が判れば、容易に規格化によって電流値の絶対値を得ることが可能である。

## 【 0 0 3 3 】

次に、本発明の電流計測装置を概略的に説明するための装置の側面図を図9に示す。フレーム90には、被計測回路91（この実施例では磁気ヘッド）を設置するためのサンプルステージ92が備えられている。サンプルステージ92は、位置決め

を容易に行えるように  $XY\theta$  方向に可動するものである。磁気光学素子18は、支持アーム93を介して支持機構94に固定されている。

## 【 0 0 3 4 】

支持機構94は、フレーム90に固定されており、磁気光学素子18の被計測回路91上への設置を容易に行うため、 $Z$ 方向に可動するものである。符号54は、図4に示した光学素子を内蔵する光学素子ユニットであり、フレーム90に固定されている。光学素子ユニット54は、レーザビームの入射の位置決めを行うための $XY$ 方向可動機構を備えるほか、レーザビームスポットのフォーカスを磁気光学素子18に合わせるための $Z$ 方向可動機構も備えている。

## 【 0 0 3 5 】

光学素子ユニット54と磁気光学素子18は一体して形成することもできるので、装置の小型化を図ることが可能である。ペン型等のハンディタイプの電流計測装置とすることで、利便性が向上し、使用用途が広まる効果がある。例えば、磁気ヘッド製造ラインの検査工程において、本発明による電流計測装置を用いれば、電流検査を高精度に、かつ簡便に行うことが可能となる。

## 【 0 0 3 6 】

次に、図4に示したレーザ光源40にパルスレーザを用いて、非常に高い時間分解能（広い周波数帯域幅）で計測することが可能となる装置の実施例について、図5を用いて説明する。

## 【 0 0 3 7 】

発振機50は周波数 $\Delta yf$ で発振し、この信号はオシロスコープ51のトリガとして使用する。発振機52は周波数 $f_0$ で発振し、この信号はパルスレーザ光源53に送られる。 $f_0$ の周波数で発光するパルスレーザ光は、図4に示す光学素子を備える光学素子ユニット54に導かれ、光学素子ユニット54からは被計測電流の情報を得た電気信号がプリアンプ55に出力される。

## 【 0 0 3 8 】

計測信号はプリアンプ55で増幅された後、オシロスコープ51にて計測され、これを以って所望の電流波形を得る。発振機56は磁気ヘッドに記録電流を流すための電源となる記録アンプ13に接続され、記録電流の周波数を $f_1$ に制御する。

## 【 0 0 3 9 】

3つの発振機50、52、56においては、相互をPLL (Phase Locked Loop) で接続し、発振の同期をとっている。また、3つの発振機の周波数には、 $f_1 = n \times f_0 + \Delta f$  の関係を持たせることで、被計測電流のサンプリング計測を実現しており、これによって非常に高い時間分解能（広い周波数帯域幅）で計測することが可能となるものである。

## 【 0 0 4 0 】

つまり、光源がパルスレーザであり、被計測電流と同期して発振するものとするすることで、被計測電流のサンプリング計測が可能となり、非常に高い時間分解能（広い周波数帯域幅）で計測することが可能となる。

## 【 0 0 4 1 】

次に、磁気光学素子18の被計測電流に対する応答性を改善して、高い時間分解能（広い周波数帯域幅）を実現する実施例について説明する。図6は、図2(a)における差動伝送線路16aと16b、磁気光学素子18、反射膜20と同一のものを用い、新たに磁界発生器60を使用した様子を表したものである。磁界発生器60は、被計測電流から発生する磁界とは別の磁界（バイアス磁界）を磁気光学素子18にあらかじめ印加する目的で使用する。磁界の印加方向は、図6に示すように、磁気光学素子18の面に平行とする。磁界発生器60としては永久磁石や電磁石等を用いる。

## 【 0 0 4 2 】

図7は、磁気光学素子18にバイアス磁界を印加したときと、そうでないときの周波数帯域幅を現したものである。バイアス磁界を磁気光学素子18に印加することによって、周波数帯域幅を拡大することができ、その結果、高い時間分解能の計測が可能となり、精度の高い電流波形計測を実現することが可能となる効果がある。

## 【 0 0 4 3 】

以上の実施例においては、記録伝送線路に流れる記録電流波形の計測を例にして述べたが、計測対象はこれに限るものではない。例えば、再生伝送線路に流れるノイズ電流波形計測にも適用することができる。

【 0 0 4 4 】

また、本発明による非破壊・非電気侵襲の精度の高い計測方法および計測装置を磁気ディスク装置の生産ライン等における記録電流波形や再生ノイズ電流波形等の検査に適用することによって、不良率を著しく低減できる効果がある。

【 0 0 4 5 】

なお、引用文献 1 には、電圧による電界強度に比例した位相変化分を、偏光子からの偏光成分に対して付加する電気光学素子を用いた電機接続部の接続確認試験方法が開示されているが、本願では、磁気光学素子を磁界の中に設置し、磁界より誘起される磁化に比例した偏光状態の変化量を偏光に付与して反射するという点で異なるものである。

【 0 0 4 6 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の電流計測方法および電流計測装置によれば、被計測回路を加工することなく（非破壊）、計測器インピーダンスの影響を与えることもなく（非電気侵襲）、広い周波数帯域幅（高い時間分解能）で、高感度な電流波形計測を実現できるので、被計測回路に流れる本来の電流を乱すことのない精度の良い計測が可能となる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の計測対象である低インピーダンス負荷回路の一例となる磁気ヘッドの模式図。

【図 2】

本発明の電流検出部の実施例を説明する模式図。

【図 3】

本発明の電流検出部の他の実施例を説明する模式図。

【図 4】

本発明における光学素子の実施例の構成示す模式図。

【図 5】

本発明におけるサンプリング計測のシステム構成の実施例を概略的に示すブロ

ックダイヤグラム。

【図 6】

本発明の広周波数帯域幅を実現する電流検出部の実施例を説明する模式図。

【図 7】

図 6 の実施例において得られる周波数帯域幅を説明する図。

【図 8】

被計測電流、本発明の電流計測装置の差動出力、及び計測で得られる電流の関係を説明する図。

【図 9】

本発明の電流計測装置の模式図。

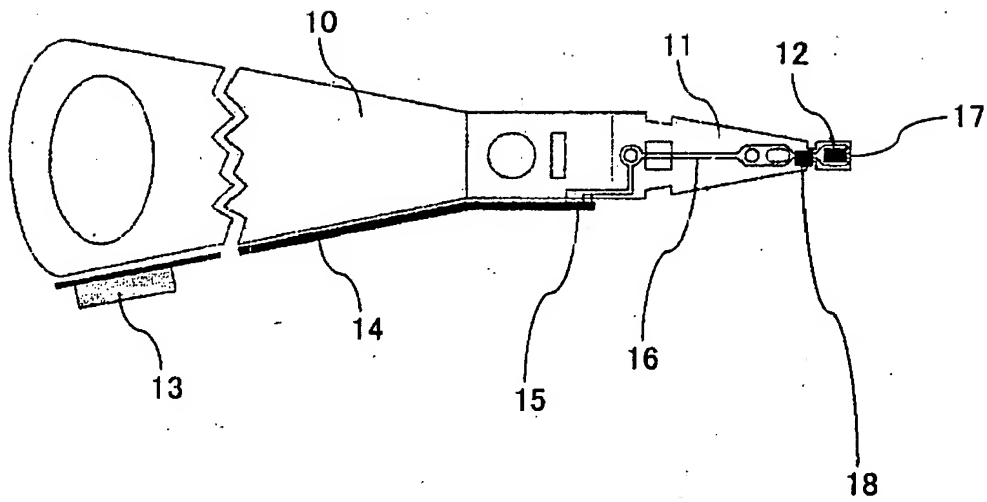
【符号の説明】

1 3 記録アンプ、1 4 伝送線路 (FPC)、1 6 伝送線路 (ICS)、1 7 記録素子、1 8、磁気光学素子、2 0 反射膜、4 0 レーザ光源、4 1, 4 7 コリメートレンズ、4 2, 4 4 偏光ビームスプリッタ、4 3 ファラデー素子、4 5 1/4波長板、4 8 a, 4 8 b 集光レンズ、4 9 a, 4 9 b フォトダイオード、6 0 磁界発生器。

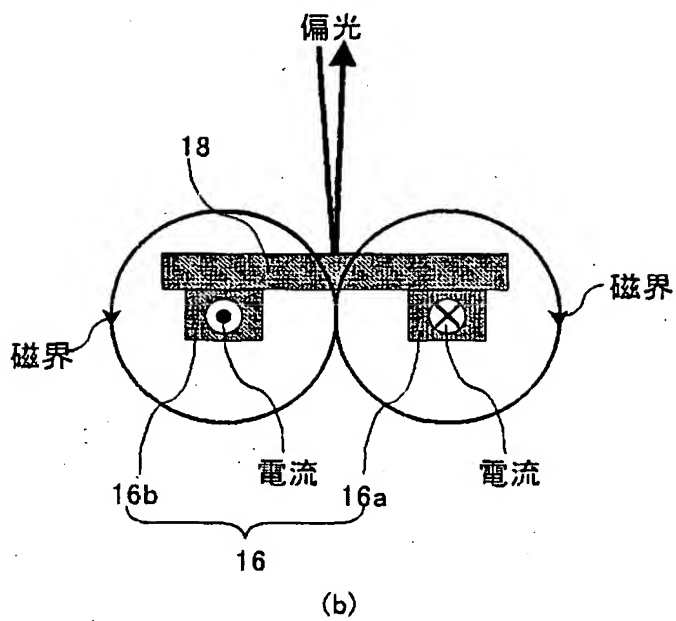
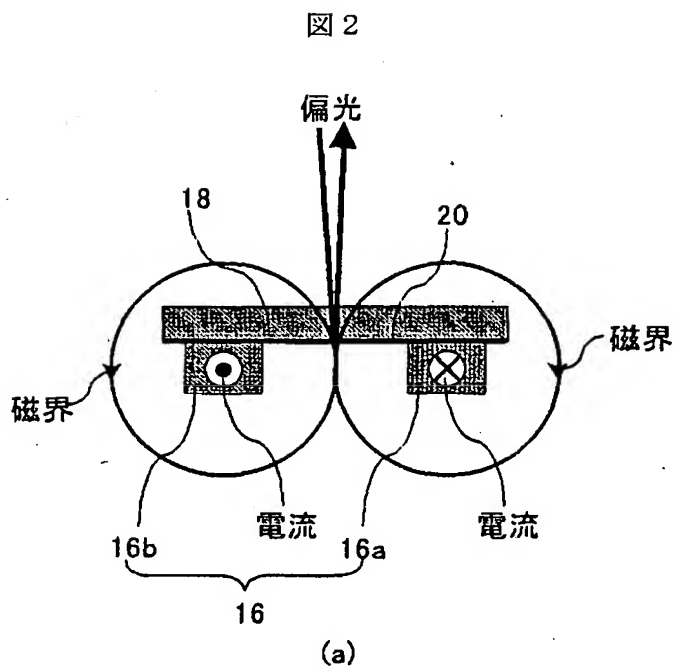
【書類名】 図面

【図 1】

図 1

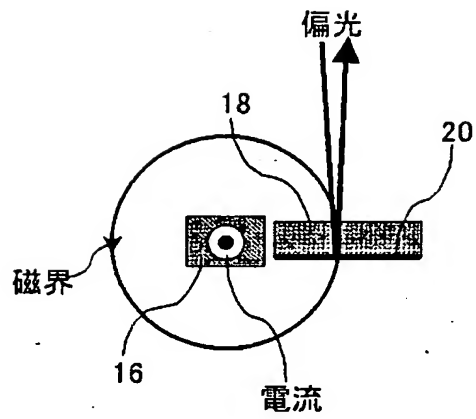


【図 2】

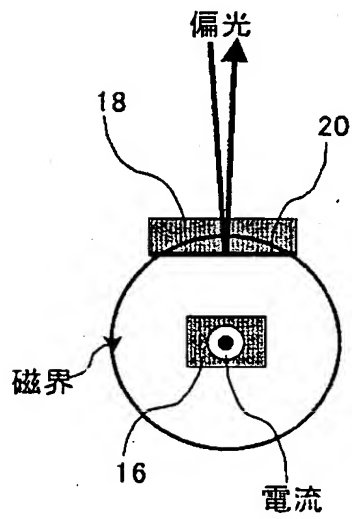


【図 3】

図 3



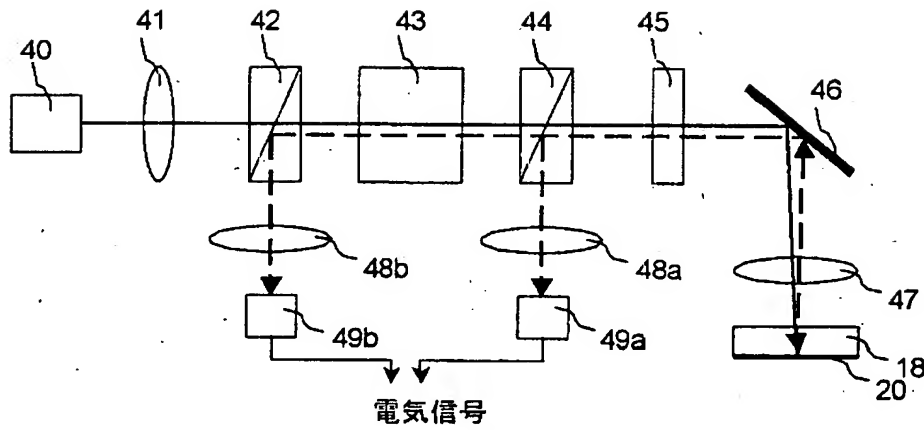
(a)



(b)

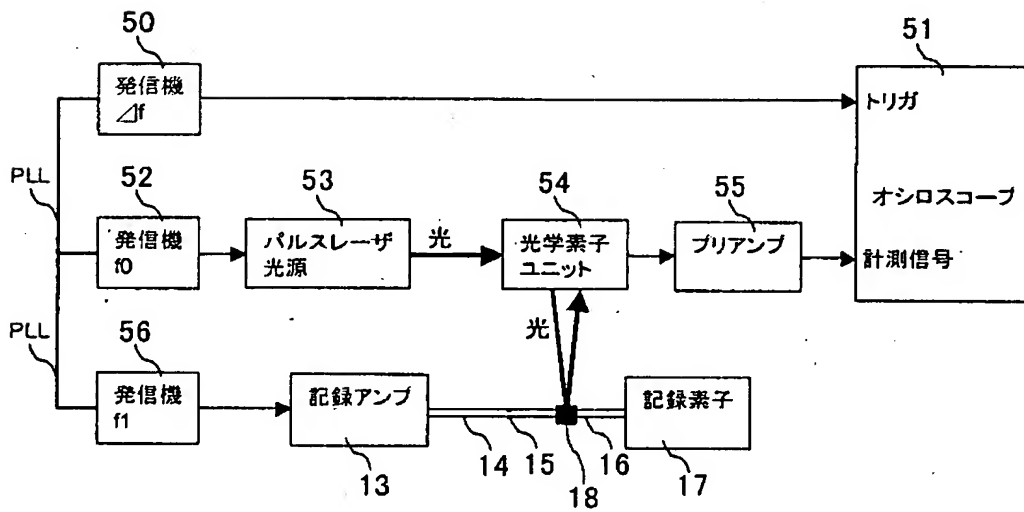
【図 4】

図 4



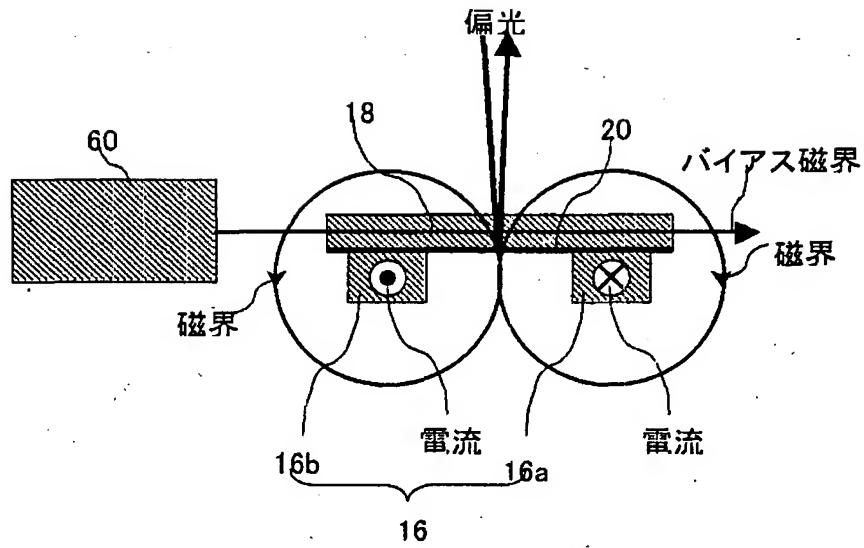
【図 5】

図 5



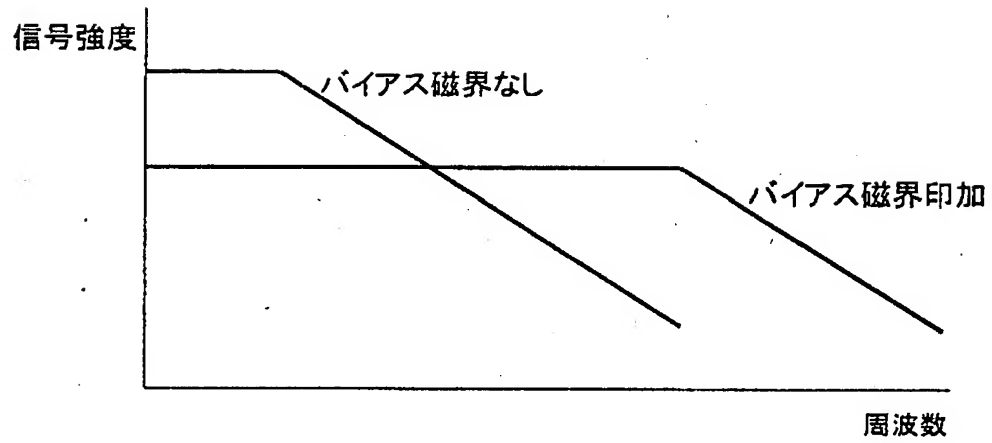
【図 6】

図 6



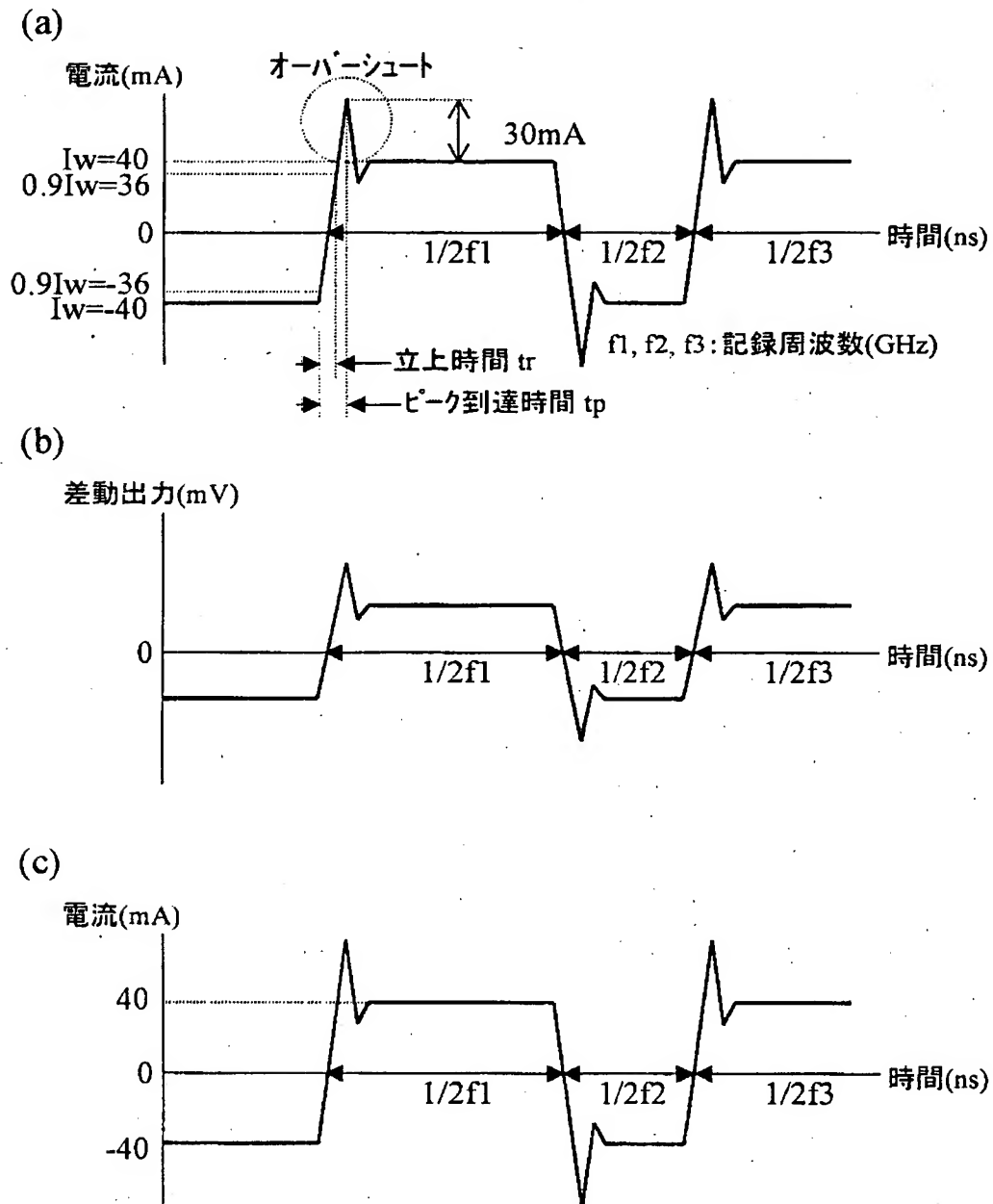
【図 7】

図 7



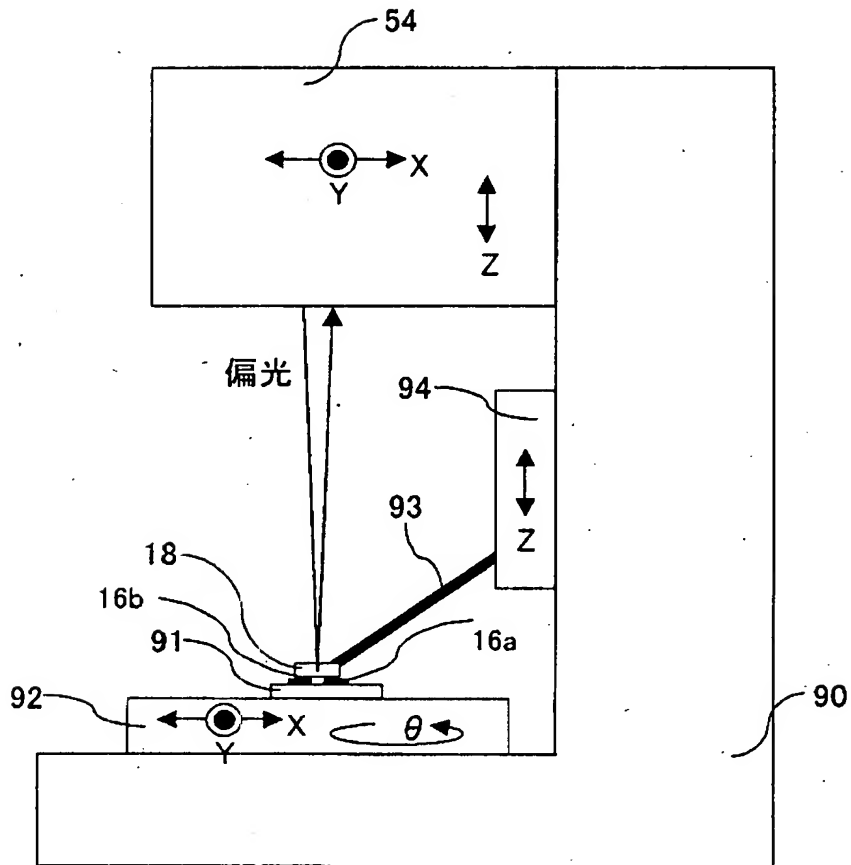
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低インピーダンスを負荷とした回路の伝送線路に流れる高周波電流を精度良く計測する方法および装置を提供する。

【解決手段】 伝送線路16を流れる電流から発生する磁界の中に磁気光学素子18を設置し、この磁気光学素子18に対して、磁界発生器によってバイアス磁界を印加し、検出感度が最大となるよう位置を制御して偏光を入射し、この磁気光学素子18からの反射光の偏光状態の変化を検出することで電流波形計測を行うことにより、被計測回路を加工することなく（非破壊）、計測器インピーダンスの影響を与えることなく（非電気浸襲）、広帯域（高時間分解能）、高感度に電流波形を計測することができる。

【選択図】 図5

特2002-267558

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-267558
受付番号	50201371800
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成14年 9月17日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 9月13日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所